

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
15. März 2001 (15.03.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/18975 A2

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H04B  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/03120  
(22) Internationales Anmeldedatum:  
6. September 2000 (06.09.2000)  
(25) Einreichungssprache: Deutsch  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch  
(30) Angaben zur Priorität:  
199 43 687.8 6. September 1999 (06.09.1999) DE  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Aus-  
nahme von US): HEINRICH-HERTZ-INSTITUT  
FÜR NACHRICHTENTECHNIK BERLIN GMBH  
[DE/DE]; Einsteinufer 37, 10587 Berlin (DE).  
(72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BOCHE, Holger

[DE/DE]; Dönhoffstrasse 36a, 10318 Berlin (DE). SCHU-  
BERT, Martin [DE/DE]; Karsunke, Potsdamer Strasse  
156, 10783 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AL, AM, AT, AU,  
AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DK,  
DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL,  
IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU,  
LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT,  
RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eura-  
sisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),  
europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI,  
FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI-Patent  
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE,  
SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND ARRANGEMENT FOR BEAM FORMING A RAKE RECEIVER FOR THE SINGLE USER RE-  
CEPTION FOR THE UPLINK CHANNEL IN MOBILE RADIO TELEPHONE SYSTEMS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR STRAHLFORMUNG EINES RAKE-EMPFÄNGERS FÜR DEN  
EIN-NUTZER-EMPFANG FÜR DEN UPLINK-KANAL IN MOBILFUNKSYSTEMEN

(57) Abstract: The aim of the invention is to provide a solution for improving reception and for increasing the signal quality of mobile stations in CDMA-based mobile radio telephone systems of the third generation, whereby said solution is less complicated than already known solutions. According to the inventive method, a rake receiver is connected downstream in relation to a linear antenna array. The signals are first received via N antennas of an antenna array and are transmitted to beam formers. The directions of the individual paths of the reception signals are estimated simultaneously for transmitting the received signals to beam formers. The K most powerful paths are determined from the estimated directions of the paths and are classified according to the power thereof. The signals thus determined which belong to the directions  $\omega_1, \dots, \omega_K$  are then transmitted to individual beam formers. The number of said beam formers matches with the number of the K most powerful paths. The weight factors  $w(k)$  are subsequently determined in the k<sup>th</sup> beam former, are multiplied with the signals of the outputs pertaining to the antenna array and the thus produced directional characteristic is allocated to the rake finger which is assigned respectively. The directional characteristics of each rake finger are then combined to form the entire reception signal of the 2D rake receiver. A directional characteristic for each individual finger of the 2D rake receiver is thus produced, whereby said characteristic is provided with an optimum directivity.

(57) Zusammenfassung: Es soll eine Lösung zur Verbesserung des Empfangs und zur Erhöhung der Signalqualität von Mobilstationen in CDMA-basierten Mobilfunksystemen der 3. Generation angegeben werden, die weniger aufwendig ist als bisher bekannte Lösungen. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren, bei dem ein Rake-Empfänger einem linearen Antennenarray nachgeschaltet wird, werden zunächst die Signale über N Antennen eines Antennenarrays empfangen und an Beamformer weitergeleitet, gleichzeitig werden zur Weiterleitung der empfangenen Signale an Beamformer die Richtungen der einzelnen Pfade der Empfangssignale geschätzt und danach aus den geschätzten Richtungen der Pfade die K stärksten Pfade ermittelt und ihrer Leistung nach sortiert. Anschließend werden die so ermittelten Signale der Richtungen  $\omega_1, \dots, \omega_K$  einzelnen Beamformern übergeben, deren Anzahl der K stärksten Pfade entspricht, dann werden im k-ten Beamformer die Gewichtungsfaktoren  $w(k)$  ermittelt, jeweils mit den Signalen der Ausgänge des Antennenarrays multipliziert und die so erzeugte Richtcharakteristik auf den jeweils zugeordneten Rake-Finger gegeben und abschließend die Richtcharakteristiken aus jedem der Rake-Finger zum Gesamtempfangssignal des 2D-Rake-Empfängers kombiniert. Somit wird für jeden einzelnen Finger des 2D-Rake-Empfängers eine Richtcharakteristik erzeugt, die eine optimale Direktivität besitzt.

WO 01/18975 A2

WO 01/18975 A2



**Veröffentlicht:**

— Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

### Bezeichnung

Verfahren und Anordnung zur Strahlformung eines Rake-Empfängers für den Ein-Nutzer-Empfang für den Uplink-Kanal in Mobilfunksystemen

5

### Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Strahlformung eines Rake-Empfängers für den Ein-Nutzer-Empfang für den Uplink-Kanal in Mobilfunksystemen.

In bestehenden CDMA-basierten (Code-Division Multiple Access – Codemultiplex-Vielfachzugriff) Mobilfunksystemen werden an den Basisstationen Single-User(Ein-Nutzer)-Empfänger eingesetzt. Dem Stand der Technik nach sind verschiedene Lösungen zur Erzeugung von Richtcharakteristiken mit auf das System Mobilstation/Basisstation abgestimmten definierten Eigenschaften bekannt, die einen guten Empfang der Mobilstation gewährleisten sollen. Dabei ist zwischen einer omnidirektionalen Empfangsantenne und einem Antennenarray zu unterscheiden.

So wird beispielsweise in der von Proakis in „Digital Communications“, 2<sup>nd</sup> edition, Singapore, Mc Graw Hill, 1989, pp. 731-739 beschriebenen Lösung jeder Mobilstation ein Rake-Empfänger (rake bedeutet Rechen, Harke) der Basisstation zugeordnet. Ein solcher Rake-Empfänger ist in der Lage, eine bestimmte Anzahl unkorrelierter Mehrpfade von der entsprechenden Mobilstation zur Basisstation aufzulösen. Dazu besteht der Rake-Empfänger aus einzelnen Fingern, wobei sich jeder einzelne Finger auf einen Pfad adaptiert. Aufgrund der begrenzten Anzahl der Finger werden dabei nur die stärksten Pfade (praktisch 3 bis 5) ausgewählt. Die einzelnen Pfade werden in den jeweiligen Rake-Fingern zeitlich verschoben und anschließend einem

Diversity-Combining (Kombination der berücksichtigten Pfade) zugeführt. Diese Lösung realisiert aber nur einen rein zeitlichen Rake-Empfänger, d.h. einen 1D-Rake-Empfänger.

- 5 Für einen Space-Time-Rake-Empfänger, d.h. ein 2D-Rake-Empfänger, sind derzeit im wesentlichen zwei Lösungen vorgeschlagen worden. Diese basieren darauf, daß pro Rake-Finger ein Strahlformer (Beamformer) eingesetzt wird.
- 10 In Proc. International Zürich Seminar on Digital Communications, Switzerland, pp. 87-100, March 1994 wird von Naguib und Paulraj berichtet, für die Realisierung der Funktion eines Strahlformers ein Phased Array (gephaste Gruppenantenne) vorgeschlagen zu haben. Jedoch kann mit einem solchen Phased Array nur garantiert werden, daß in Richtung des entsprechenden
- 15 (gewünschten) Pfades die Richtcharakteristik gleich Eins ist. Eine Auslöschung der anderen (unerwünschten) Pfade ist nicht möglich, da keine Nullstelle in der Richtcharakteristik gezielt erzeugt werden kann.

Ein anderes Verfahren zur Strahlformung jedes einzelnen Rake-Fingers ist ebenfalls in der erwähnten Veröffentlichung dargestellt. Da hierbei aber die Kovarianzmatrizen vor und nach der Entspreizung und die Richtungen der einzelnen Pfade bekannt sein müssen, ist dieses Verfahren, bei dem der Gewichtsvektor der jedem Rake-Finger zugeordneten Strahlformer als Lösung eines verallgemeinerten Eigenwertproblems gewonnen wird, sehr aufwendig.

25 Über ein Verfahren und eine Anordnung zur Erzeugung vorgegebener Richtcharakteristiken von adaptiven Gruppenantennen in drahtlosen Mobilfunksystemen ist von H. Boche anlässlich der Konferenz „Ausgewählte Probleme moderner Mobilfunksysteme“ am 11.12.1998 im Institut für

30 Kommunikationstechnik der ETH Zürich (Schweiz) in einem Vortrag mit dem Titel „Einsatz von ‚smart antennas‘ in CDMA-basierten Mobilfunksystemen“ berichtet worden. Diese Lösung ermöglicht mit geringem apparativen und

- numerischen Aufwand die Erzeugung einer Richtcharakteristik, bei der sowohl die Richtung des globalen Maximum (Hauptstrahl) als auch die Richtungen der Nullstellen vorgegeben werden können. Hierbei werden zunächst die Nutz- und Störsignale empfangen und die Anzahl der Eingangssignale bestimmt. Nach der Bestimmung der Einfallswinkel dieser Signale werden die bisher erhaltenen Informationen an den Strahlformer (Beamformer) weitergeleitet, um nunmehr die Trennung von Nutz- und Störsignalen nach den vorher ermittelten Signaleinfallswinkeln vorzunehmen, die Nutzsignale zu verstärken und parallel hierzu die Anzahl der Störsignale zu begrenzen. Mittels digitaler Signalverarbeitung wird zur Ermittlung der Antennengewichte zunächst eine Koeffizientenmatrix

$$A = \begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \dots & a_{1,m+1} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \dots & a_{2,m+1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m+1,1} & a_{m+1,2} & \dots & a_{m+1,m+1} \end{pmatrix}$$

- zur Lösung der Gleichung für die Richtcharakteristik

$$H(e^{j\omega_l}) = \sum_{l=1}^{m+1} b_l \cdot Q(e^{j(\omega - \omega_l)}) \quad \text{mit} \quad a_{k,l} = Q(e^{j(\omega_k - \omega_l)}) \quad \text{bei Erfüllung der}$$

$$\text{Bedingungen} \quad H(e^{j\omega_k}) = \begin{cases} 0 & \text{für } 1 \leq k \leq m \text{ für die Störsignale} \\ 1 & \text{für } k = m+1 \text{ für das Nutzsignal} \end{cases}$$

aufgestellt. Anschließend wird das Gleichungssystem

$$A \cdot \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{m+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix}$$

- zur Bestimmung der Koeffizienten  $b_l$  gelöst, woraus über

$$w_k = \sum_{l=1}^{m+1} b_l \cdot e^{-j k \omega_l}$$

dann die Gewichtungsfaktoren  $w_k$  bestimmt werden, die mit den jeweils zugehörigen Signalen der Antennenausgänge multipliziert werden, abschließend werden die gewichteten Signale zu einem Gesamtsignal addiert und somit die gewünschte Richtcharakteristik ausgebildet. Durch den Einsatz von adaptiven Gruppenantennen können in zukünftigen Mobilfunksystemen derartige Richtcharakteristiken bestimmt werden, wobei Nutzsignale aus vorher bestimmten Richtungen mit einem erhöhten Gewinn empfangen und gleichzeitig Störsignale aus ebenfalls vorher bestimmten Richtungen unterdrückt werden, was die Qualität des Empfangssignals und somit die Übertragungskapazität der Funkverbindung erhöht. Hierbei ist zu beachten, daß stets nur ein Nutzsignal verstärkt werden kann. Diese Lösung kann Anwendung finden, wenn für mehrere Nutzer (bedienbare Teilnehmer) von beliebigen Mobilstationen aus ein guter Empfang gewährleistet sein soll. Die Lösung ist damit nur in der Lage, unerwünschte Mobilstationen zu unterdrücken. Da ebenfalls andere Mobilstationen bei der Strahlformung berücksichtigt werden, ist der entsprechende Strahlformer für einen Mehr-Nutzer-Empfänger geeignet. Somit ist es möglich, das Vielfachzugriffsverfahren SDMA (Space Division Multiple Access) zu realisieren. Der Strahlformer berücksichtigt jedoch nicht die zeitliche Empfängerstruktur an der Basisstation. Weiterhin ist er nicht in der Lage, Mehrpfade zu unterdrücken bzw. starke Mehrpfade für die weitere Signalverarbeitung in der Basisstation zu nutzen (z.B. beim Rake-Empfänger). Damit wäre eine einfache Hintereinanderschaltung des Strahlformers und des 1D-Rake-Empfängers nicht sinnvoll. Dies kann zu einer Verschlechterung des Übertragungsverhaltens führen.

Deshalb ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Anordnung zur Strahlformung eines Rake-Empfängers der Basisstation für den Ein-Nutzer-Empfang für den Uplink-Kanal in Mobilfunksystemen anzugeben, wodurch eine Verbesserung des Empfangs und eine Erhöhung der Signalqualität von Mobilstationen in CDMA-basierten Mobilfunksystemen der 3. Generation

ermöglicht wird. Das Verfahren soll weniger aufwendig sein als bisher bekannte Lösungen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gelöst, wobei ein  
5 Rake-Empfänger einem linearen Antennenarray nachgeschaltet wird, bei dem

- zunächst die Signale über N Antennen eines Antennenarrays empfangen und an Beamformer weitergeleitet werden,
- gleichzeitig zur Weiterleitung der empfangenen Signale an Beamformer werden die Richtungen der einzelnen Pfade der Empfangssignale  
10 geschätzt, wobei die Anzahl der Richtungen der Pfade L mit  $L < N$  ist,
- danach werden aus den geschätzten L Richtungen  $\omega_1, \dots, \omega_L$  der Pfade die jeweils K stärksten Pfade ermittelt, ihrer Leistung nach sortiert und es werden die einzelnen Richtungen angeordnet, wobei  $\omega_k$  die Richtung des k-ten Pfades entsprechend seiner Stärke ist,
- 15 - die so ermittelten Signale der Richtungen  $\omega_1, \dots, \omega_K$  werden einzelnen Beamformern übergeben, deren Anzahl der der K stärksten Pfade entspricht,
- im k-ten Beamformer werden die Gewichtungsfaktoren  $w(k)$  ermittelt, wobei sich die Richtcharakteristik  $H_k$  des k-ten Beamformers aus

$$20 \quad H_k(e^{j\omega}) = \sum_{l=1}^K b_l(k) Q(e^{j(\omega - \omega_l)})$$

mit

$$H_k(e^{j\omega_l}) = \begin{cases} 1 & l = k \\ 0 & l \neq k, 1 \leq l \leq K, \end{cases}$$

ergibt,

es wird eine Koeffizientenmatrix A

$$25 \quad A = \begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \dots & a_{1,K} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \dots & a_{2,K} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{K,1} & a_{K,2} & \dots & a_{K,K} \end{pmatrix}$$

gebildet zur Lösung des linearen Gleichungssystems

$$A \begin{pmatrix} b_1(k) \\ \vdots \\ b_K(k) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix} \leftarrow k\text{-te Stelle}$$

woraus die Koeffizienten  $b_l(k)$  mit  $1 \leq l \leq K$  ermittelt werden,  
danach werden die Gewichtungsfaktoren des  $k$ -ten Beamformers mit

$$w_e(k) = \sum_{y=1}^K b_r(k) e^{-j l \omega_r}$$

berechnet und die Direktivität  $D(H_k)$  aus

$$D(H_k) = \frac{1}{b_k(k)}$$

bestimmt,

- nun werden die in dem  $k$ -ten Beamformer ermittelten Gewichtungsfaktoren  $w_l(k)$  jeweils mit den Signalen der  $N$  Antennenausgänge multipliziert,
  - dann wird die in dem  $k$ -ten Beamformer erzeugte Richtcharakteristik auf den zugeordneten  $k$ -ten Rake-Finger gegeben und
  - abschließend werden die Richtcharakteristiken aus jedem der 1 bis  $K$  Rake-Finger entsprechend der Laufzeit der einzelnen Pfade zeitlich versetzt zueinander zum Gesamtempfangssignal des 2D-Rake-Empfängers kombiniert.
- Mit dem vorgeschlagenen Verfahren ist die Berechnung des Gewichtungsfaktors der einzelnen Beamformer möglich. Damit kann für jeden einzelnen Finger des Rake-Empfängers eine Richtcharakteristik erzeugt werden, die eine optimale Direktivität besitzt. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht ebenfalls, eine vorgegebene Anzahl von Störpfaden durch eine gezielte



Erzeugung von Nullen in der Richtcharakteristik zu unterdrücken. Ist die Anzahl der Pfade kleiner als die Anzahl der Antennenelemente des Antennenarrays, können durch das vorgeschlagene Verfahren alle störenden Mehrpfade unterdrückt werden. Für jeden einzelnen Finger wird damit ein  
5 AWGN-Kanal (Additives Weißes Gaußsches Rauschen) erzeugt. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht eine unmittelbare Berechnung der Direktivität, aufwendige Schritte sind nicht notwendig. Die Erfindung ermöglicht weiterhin eine optimale Trennung der einzelnen Pfade, wodurch keine Selbstinterferenz (begrenztes Auflösungsvermögen) wie beim 1D-Rake-  
10 Empfänger auftritt.

Die Anordnung zur Strahlformung eines Rake-Empfängers für den Ein-Nutzer-Empfang in der Basisstation weist folgende Bestandteile auf:

- ein lineares Antennenarray mit N Antennen und einem diesem  
15 Antennenarray nachgeschalteten Rake-Empfänger,
- Mittel zur Richtungsschätzung der einzelnen Pfade der vom Antennenarray empfangenen Signale,
- Mittel zur Auswahl der K stärksten Pfade aus den L Pfaden, für die eine Richtungsschätzung erfolgte,
- 20 - K Stück Beamformer, wobei jeweils ein Beamformer mit einem von K Rake-Fingern verbunden ist, zur Erzeugung von K Richtcharakteristiken,
- einen Kombinerer, der die erzeugten K Richtcharakteristiken räumlich und zeitlich versetzt zueinander kombiniert.

25 Die erfindungsgemäße Lösung wird im Zusammenwirken mit einem linearen Antennenarray an der Basisstation eingesetzt und verbessert durch die Ausnutzung der Pfad-Diversity für den Uplink-Kanal (Kanal von der Mobilstation zur Basisstation) das Übertragungsverhalten.

30 Eine Ausführungsform der Erfindung und deren Funktionsweise werden nachstehend anhand einer Zeichnung, die eine schematische Darstellung der Anordnung sowie der wichtigsten Verfahrensschritte zeigt, näher erläutert.

In der Figur ist ein lineares Antennenarray **AA** gezeigt, das über  $N$  Antennenelemente verfügt. Dem Antennenarray **AA** ist ein Rake-Empfänger mit  $K$  Rake-Fingern **RF** nachgeschaltet. Bevor die vom linearen Antennenarray **AA** empfangenen Signale an einen Nutzer/Teilnehmer weitergeleitet werden, werden diese einer Signalverarbeitung unterzogen, um durch eine gezielte Strahlformung einen verbesserten Empfang und eine Erhöhung der Signalqualität zu erreichen. Hierzu werden zunächst die empfangenen Signale in einem Digitalen Signalprozessor **DSP 1** einer Richtungsschätzung unterzogen. Durch diese Richtungsschätzung werden die Richtungen  $\omega_1, \dots, \omega_L$  von  $L$  Pfaden bestimmt, aus denen im Digitalen Signalprozessor **DSP 2** die  $K$  leistungsstärksten Pfade  $\omega_1, \dots, \omega_K$  ausgewählt werden, wobei  $K < L$  ist. Nunmehr wird sowohl die Information über die  $K$  leistungsstärksten und in ihrer Richtung geschätzten Pfade aus dem Digitalen Signalprozessor **DSP 2** als auch die vom Antennenarray **AA** empfangenen Signale in Beamformer **BF<sub>n</sub>**, wobei  $1 \leq n \leq K$  ist, weitergeleitet, die zwischen dem Antennenarray **AA** und dem Rake-Empfänger angeordnet sind, wobei die Anzahl der Beamformer der Anzahl der  $K$  stärksten Pfade entspricht und jedem Rake-Finger **RF** ein Beamformer zugeordnet ist. In jedem der Beamformer wird nun eine Richtcharakteristik erzeugt – wie bereits vorn beschrieben – und auf den dem jeweiligen Beamformer zugeordneten Rake-Finger **RF** gegeben. In einem den  $K$  Rake-Fingern **RF** nachgeordneten Kombiniierer **KO** werden die aus den  $K$  Rake-Fingern **RF** entsprechend der Laufzeit der einzelnen Pfade zeitlich versetzt zueinander zum Gesamtempfangssignal des 2D-Rake-Empfängers kombiniert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Strahlformung eines Rake-Empfängers für den Ein-Nutzer-  
 5 Empfang für den Uplink-Kanal in Mobilfunksystemen, wobei ein Rake-Empfänger einem linearen Antennenarray nachgeschaltet wird, bei dem
- zunächst die Signale über N Antennen eines Antennenarrays empfangen und an Beamformer weitergeleitet werden,
  - gleichzeitig zur Weiterleitung der empfangenen Signale an Beamformer  
 10 werden die Richtungen der einzelnen Pfade der Empfangssignale geschätzt, wobei die Anzahl der Richtungen der Pfade L mit  $L < N$  ist,
  - danach werden aus den geschätzten L Richtungen  $\omega_1, \dots, \omega_L$  der Pfade die jeweils K stärksten Pfade ermittelt, ihrer Leistung nach sortiert und es werden die einzelnen Richtungen angeordnet, wobei  $\omega_k$  die Richtung des  
 15 k-ten Pfades entsprechend seiner Stärke ist,
  - die so ermittelten Signale der Richtungen  $\omega_1, \dots, \omega_K$  werden einzelnen Beamformern übergeben, deren Anzahl der der K stärksten Pfade entspricht,
  - im k-ten Beamformer werden die Gewichtungsfaktoren  $w(k)$  ermittelt, wobei  
 20 sich die Richtcharakteristik  $H_k$  des k-ten Beamformers aus

$$H_k(e^{j\omega}) = \sum_{l=1}^K b_l(k) Q(e^{j(\omega - \omega_l)})$$

mit

$$H_k(e^{j\omega_l}) = \begin{cases} 1 & l = k \\ 0 & l \neq k, 1 \leq l \leq K, \end{cases}$$

ergibt,

- 25 es wird eine Koeffizientenmatrix A

$$A = \begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \dots & a_{1,K} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \dots & a_{2,K} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{K,1} & a_{K,2} & \dots & a_{K,K} \end{pmatrix}$$

gebildet zur Lösung des linearen Gleichungssystems

$$A \begin{pmatrix} b_1(k) \\ \vdots \\ b_K(k) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix} \leftarrow k\text{-te Stelle}$$

woraus die Koeffizienten  $b_l(k)$  mit  $1 \leq l \leq K$  ermittelt werden,  
danach werden die Gewichtungsfaktoren des  $k$ -ten Beamformers mit

$$w_e(k) = \sum_{y=1}^K b_r(k) e^{-j l \omega_r}$$

berechnet und die Direktivität  $D(H_k)$  aus

$$D(H_k) = \frac{1}{b_k(k)}$$

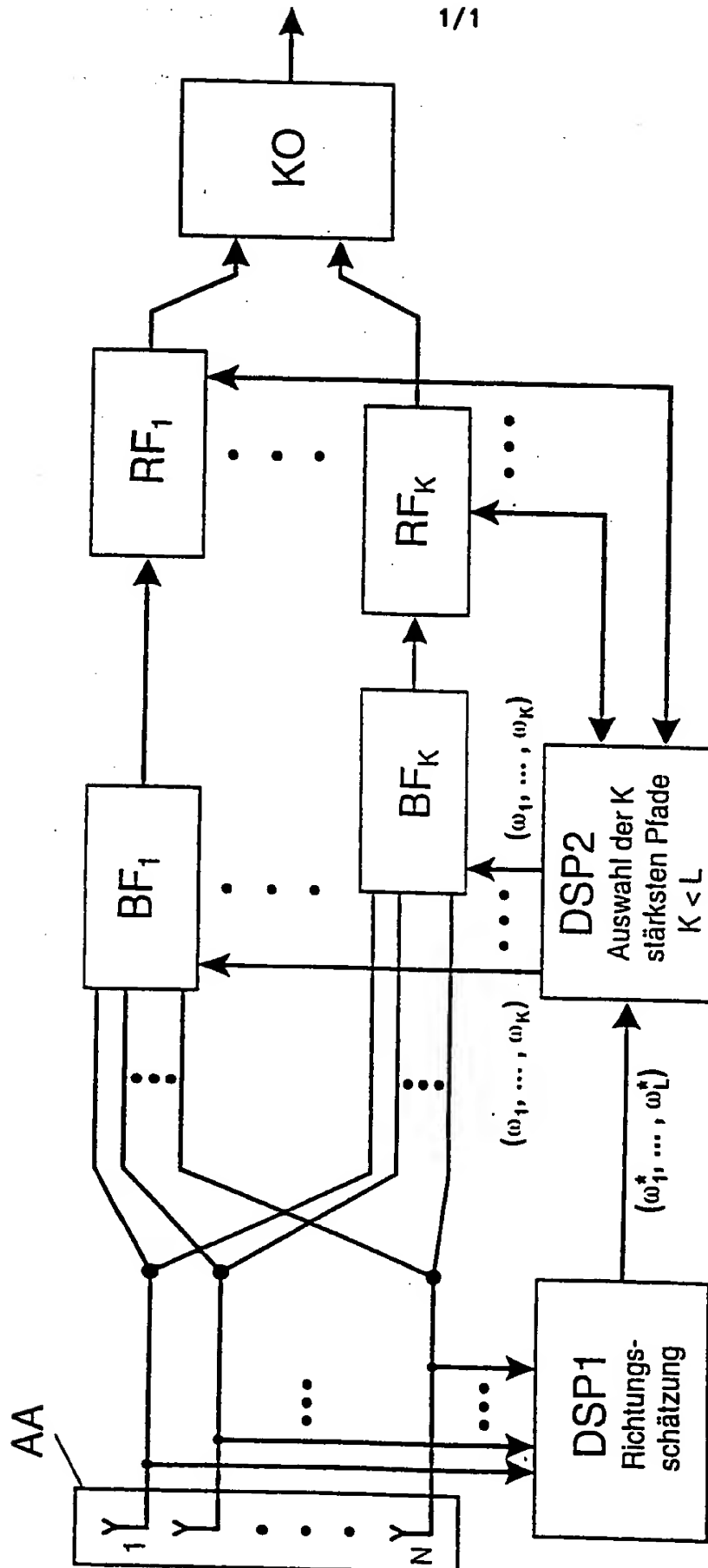
bestimmt,

- nun werden die in dem  $k$ -ten Beamformer ermittelten Gewichtungsfaktoren  $w_l(k)$  jeweils mit den Signalen der  $N$  Antennenausgänge multipliziert,
- dann wird die in dem  $k$ -ten Beamformer erzeugte Richtcharakteristik auf den zugeordneten  $k$ -ten Rake-Finger gegeben und
- abschließend werden die Richtcharakteristiken aus jedem der 1 bis  $K$  Rake-Finger entsprechend der Laufzeit der einzelnen Pfade zeitlich versetzt zueinander zum Gesamttempfangssignal des 2D-Rake-Empfängers kombiniert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem
- eine vorgegebene Anzahl von für einen Rake-Finger nicht erwünschten Pfaden dadurch unterdrückt wird, daß gezielt entsprechende Nullen in der für den Rake-Finger zugeordneten Richtcharakteristik erzeugt werden.

3. Anordnung zur Strahlformung eines Rake-Empfängers für den Ein-Nutzer-Empfang für den Uplink-Kanal in Mobilfunksystemen, die aufweist

- ein lineares Antennenarray mit N Antennenelementen und einem diesem Antennenarray nachgeschalteten Rake-Empfänger,
- 5 - Mittel zur Richtungsschätzung der einzelnen Pfade der vom Antennenarray empfangenen Signale,
- Mittel zur Auswahl der K stärksten Pfade aus den L Pfaden, für die eine Richtungsschätzung erfolgte,
- K Stück Beamformer, wobei jeweils ein Beamformer mit einem von K Rake-Fingern verbunden ist, zur Erzeugung von K Richtcharakteristiken,
- 10 - einen Kombiniierer, der die erzeugten K Richtcharakteristiken räumlich und zeitlich versetzt zueinander zum Gesamtempfangssignal des Antennenarrays kombiniert.



(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
15. März 2001 (15.03.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/18975 A3**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H04B 1/707,**  
7/08, H01Q 3/26

**FÜR NACHRICHTENTECHNIK BERLIN GMBH**  
[DE/DE]; Einsteinufer 37, 10587 Berlin (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE00/03120**

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:  
6. September 2000 (06.09.2000)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BOCHE, Holger**  
[DE/DE]; Dönhoffstrasse 36a, 10318 Berlin (DE). **SCHU-**  
**BERT, Martin** [DE/DE]; Karsunke, Potsdamer Strasse  
156, 10783 Berlin (DE).

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
199 43 687.8 6. September 1999 (06.09.1999) **DE**

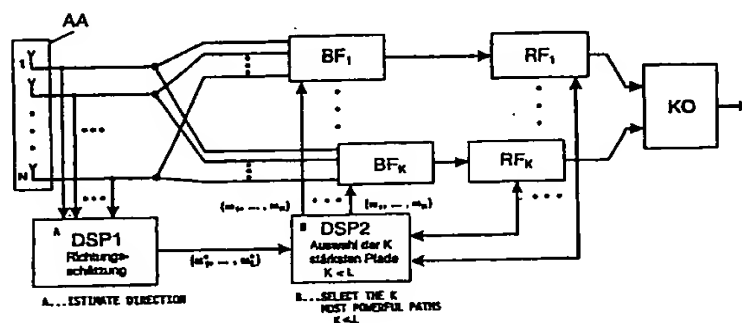
(81) Bestimmungsstaaten (national): **AE, AL, AM, AT, AU,**  
**AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DK,**  
**DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL,**  
**IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU,**  
**LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT,**  
**RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA,**  
**UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Aus-  
nahme von US): **HEINRICH-HERTZ-INSTITUT**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **METHOD AND ARRANGEMENT FOR BEAM FORMING A RAKE RECEIVER FOR THE SINGLE USER RE-  
CEPTION FOR THE UPLINK CHANNEL IN MOBILE RADIO TELEPHONE SYSTEMS**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR STRAHLFORMUNG EINES RAKE-EMPFÄNGERS FÜR DEN  
EIN-NUTZER-EMPFANG FÜR DEN UPLINK-KANAL IN MOBILFUNKSYSTEMEN**



(57) Abstract: The aim of the invention is to provide a solution for improving reception and for increasing the signal quality of mobile stations in CDMA-based mobile radio telephone systems of the third generation, whereby said solution is less complicated than already known solutions. According to the inventive method, a rake receiver is connected downstream in relation to a linear antenna array. The signals are first received via N antennas of an antenna array and are transmitted to beam formers. The directions of the individual paths of the reception signals are estimated simultaneously for transmitting the received signals to beam formers. The K most powerful paths are determined from the estimated directions of the paths and are classified according to the power thereof. The signals thus determined which belong to the directions  $\omega_1, \dots, \omega_K$  are then transmitted to individual beam formers. The number of said beam formers matches with the number of the K most powerful paths. The weight factors  $w(k)$  are subsequently determined in the k<sup>th</sup> beam former, are multiplied with the signals of the outputs pertaining to the antenna array and the thus produced directional characteristic is allocated to the rake finger which is assigned respectively. The directional characteristics of each rake finger are then combined to form the entire reception signal of the 2D rake receiver. A directional characteristic for each individual finger of the 2D rake receiver is thus produced, whereby said characteristic is provided with an optimum directivity.

(57) Zusammenfassung: Es soll eine Lösung zur Verbesserung des Empfangs und zur Erhöhung der Signalqualität von Mobilstationen in CDMA-basierten Mobilfunksystemen der 3. Generation angegeben werden, die weniger aufwendig ist als bisher bekannte Lösungen. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren, bei dem ein Rake-Empfänger einem

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/18975 A3



(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen  
Recherchenberichts:

2. August 2001

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

linearen Antennenarray (AA) nachgeschaltet wird, werden zunächst die Signale über N Antennen eines Antennenarrays empfangen und an Beamformer (BF) weitergeleitet, gleichzeitig werden zur Weiterleitung der empfangenen Signale an Beamformer die Richtungen der einzelnen Pfade der Empfangssignale geschätzt (DSPI) und danach aus den geschätzten Richtungen der Pfade die K stärksten Pfade ermittelt und ihrer Leistung nach sortiert. Anschließend werden die so ermittelten Signale der Richtungen  $\omega_1, \dots, \omega_K$  einzelnen Beamformern übergeben, deren Anzahl der K stärksten Pfade entspricht, dann werden im k-ten Beamformer die Gewichtungsfaktoren  $w(k)$  ermittelt, jeweils mit den Signalen der Ausgänge des Antennenarrays multipliziert und die so erzeugte Richtcharakteristik auf den jeweils zugeordneten Rake-Finger (RF) gegeben und abschließend die Richtcharakteristiken aus jedem der Rake-Finger zum Gesamtempfangssignal des 2D-Rake-Empfängers kombiniert (KO). Somit wird für jeden einzelnen Finger des 2D-Rake-Empfängers eine Richtcharakteristik erzeugt, die eine optimale Direktivität besitzt.



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/DE 00/03120

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H04B1/707 H04B7/08 H01Q3/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H04B H01Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	OGAWA Y ET AL: "SPATIAL-DOMAIN PATH-DIVERSITY USING AN ADAPTIVE ARRAY FOR MOBILE COMMUNICATIONS" IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON UNIVERSAL PERSONAL COMMUNICATIONS,US,NEW YORK, IEEE, vol. CONF. 4, 6 November 1995 (1995-11-06), pages 600-604, XP000690022 ISBN: 0-7803-2955-4 page 600, left-hand column, line 40, paragraphs I,,II -right-hand column, line 7 page 600, right-hand column, line 16 - line 38; figure 1 page 602, left-hand column, line 15 -right-hand column, line 6 --- -/--	1-3

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☐ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 February 2001

Date of mailing of the international search report

05/03/2001

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bossen, M

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. Appl. No.

PCT/DE 00/03120

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>KUHWALD ET AL: "A New Optimum Constrained Beamforming-Algorithm for Future Mobile Communication Systems Based on CDMA" PROC. 4TH ACTS MOBILE COMMUNICATIONS SUMMIT, June 1999 (1999-06), pages 963-968, XP000986632  page 965, line 1, paragraph 4 -page 966, line 23</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-3